引用格式：董璐，李宜展，李云龙，等．美国能源部重大科技基础设施对我国开放服务趋势研究及启示．中国科学院院刊，2024, 39(3): 459-471, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20231214002.
Dong L, Li Y Z, Li Y L, et al. Analysis and enlightenment on China's use of major research infrastructure of U.S. Department of Energy. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2024, 39(3): 459-471, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20231214002. (in Chinese)

美国能源部重大科技基础设施对我国开放服务趋势研究及启示

董 璐[1,2] 李宜展[1,2] 李云龙[3] 王学昭[1,2] 李泽霞[1,2*]

1 中国科学院文献情报中心 北京 100190
2 中国科学院大学 经济与管理学院信息资源管理系 北京 101407
3 中国科学院 前沿科学与教育局 北京 100864

摘要 重大科技基础设施（以下简称“重大设施”）是大科学时代创新的关键，是体现一个国家科技创新能力和综合国力的重要标志。为抢占科技制高点，世界主要发达国家在积极发展和优化重大设施布局的同时，大力推进重大设施开放共享以实现科技资源的高效配置和利用，将其科技基础条件优势转化为创新发展优势。美国能源部目前管理28个向全球科研用户开放的国家重大设施。文章通过梳理美国能源部重大设施开放共享现状，深入剖析2015—2022年我国对美国能源部重大设施的使用需求、成效和困境，以期为我国重大科技基础设施的开放共享及布局建设提供参考借鉴。

关键词 美国能源部，重大科技基础设施，开放服务，布局建设

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20231214002
CSTR 32128.14.CASbulletin.20231214002

新一轮科技革命和产业变革突飞猛进，科学研究范式正在发生深刻变革，重大科学发现和重要技术突破越来越离不开重大科技基础设施（以下简称“重大设施”）的支撑[1]。重大设施是探索未知世界、发现自然规律的国之重器，是解决国家重大战略科技问题的主平台[2]，已成为世界科技强国必争的战略高地。世界主要国家将重大设施作为开展科学技术交流、汇聚培养高端人才、展示国家形象、推动国际交流合作极其重要的平台[3]。

重大设施多由公共财政资金投资建设和支持运

*通信作者
资助项目：中国科学院文献情报能力建设专项（E2290447）
修改稿收到日期：2024年2月26日

行，其公共属性、资源稀缺性决定开放共享是其本质属性之一[4]。为最大限度地释放重大设施服务效能，如何更好地推进重大设施开放共享成为各国关心的重要问题。目前，国内学者围绕重大设施的开放共享机制、管理平台、服务成效等开展了研究。其中，王慧斌和白惠仁[5]、王立伟等[6]、解志韬等[7]分别从国家、区域、机构层面探讨了重大设施开放共享机制；夏金瑶等[8]、邓泉等[9]分别对EAST、CRAFT的开放运行机制展开探讨；陈娟等[10]简要概述了中国科学院重大设施开放共享服务平台建设进展与服务成效。大多研究主要是总结国内外重大设施开放共享管理规定及相关举措，分析国内外特定重大设施的开放机制，少有学者从用户设施整体提供开放服务的角度对重大设施开放共享趋势开展研究。本文在分析美国能源部（DOE）国家重大设施开放共享特点的基础上，从我国对DOE重大设施的使用需求、成效和困境3个方面深入剖析其对我国科研用户的开放趋势，以期为我国重大设施的开放共享和布局建设提供参考借鉴。

1 美国能源部重大设施开放共享特点

DOE于2012年将由美国联邦政府资助，可为学术界、工业界等科研人员提供开放共享服务的重大设施定义为国家用户设施（user facilities）[11]。截至2022财年，DOE用户设施有28个，覆盖先进科学计算（ASCR）、基础能源科学（BES）、生物和环境研究（BER）、聚变能源（FES）、高能物理（HEP）和核物理（NP）、加速器研发和生产（ARDAP）等领域。DOE于2015年开始建设用户项目/实验数据库[12]，本文以2015—2022财年用户研究提案数据①作为研究样本，分析得出DOE重大设施的开放共享特点。

1.1 设施长期连续开放共享，实行动态调整机制

美国于二战期间开始建设重大设施，在国家层面主要以DOE和美国国家科学基金会（NSF）开展全面持续的设施战略发展布局研究。美国联邦政府大力支持和鼓励重大设施对外开放共享。依据《联邦政府采购法》，重大设施管理运行机构应在保证实现重大设施科学目标、服务国家战略意志的同时，最大程度地向社会开放共享[13]。DOE用户设施建设起步相对较早，历经翻新、升级改造，至今仍在运行并向社会各界提供开放共享服务，在2015—2022财年内有26个用户设施持续对外服务（图1）。其中，高通量同位素反应器（HFIR）自1966年运行至今，在材料辐照后测试、中子散射等方面发挥重要作用；斯坦福同步辐射光源（SSRL）自1977年建设并启用以来，在推动科学发现和技术创新方面功不可没。

DOE会动态调整其用户设施清单，由用户设施运行机构提出申请，经相关部门审查批准后成为用户设施。例如，加速器测试装置（ATF）于2015年3月被指定为用户设施，2022财年前隶属于高能物理（HEP）计划，后调整至加速器研发和生产（ARDAP）计划。先进加速器实验测试工具（FACET，2012年运行）为升级做准备，在2017—2019财年未对外开放。升级后的FACET-II通过用户设施申请流程，在2020财年初再次纳入用户设施清单。设施退役后将会从用户设施清单中移除，如托卡马克核聚变反应堆（Alcator C-Mod）。

1.2 发挥设施科技外交作用，国际竞合中把握主动权

科技外交代表国家通过科学连接世界的软实力[14]。重大设施作为科技活动的重要承载平台，不仅在科技外交中发挥着重要的牵引作用，同时也是执行

① 美国联邦政府财年为上一年10月1日至当年9月30日，如2012财年时间范围为2011年10月1日至2012年9月30日对数据国家、机构等字段进行清洗后计算。

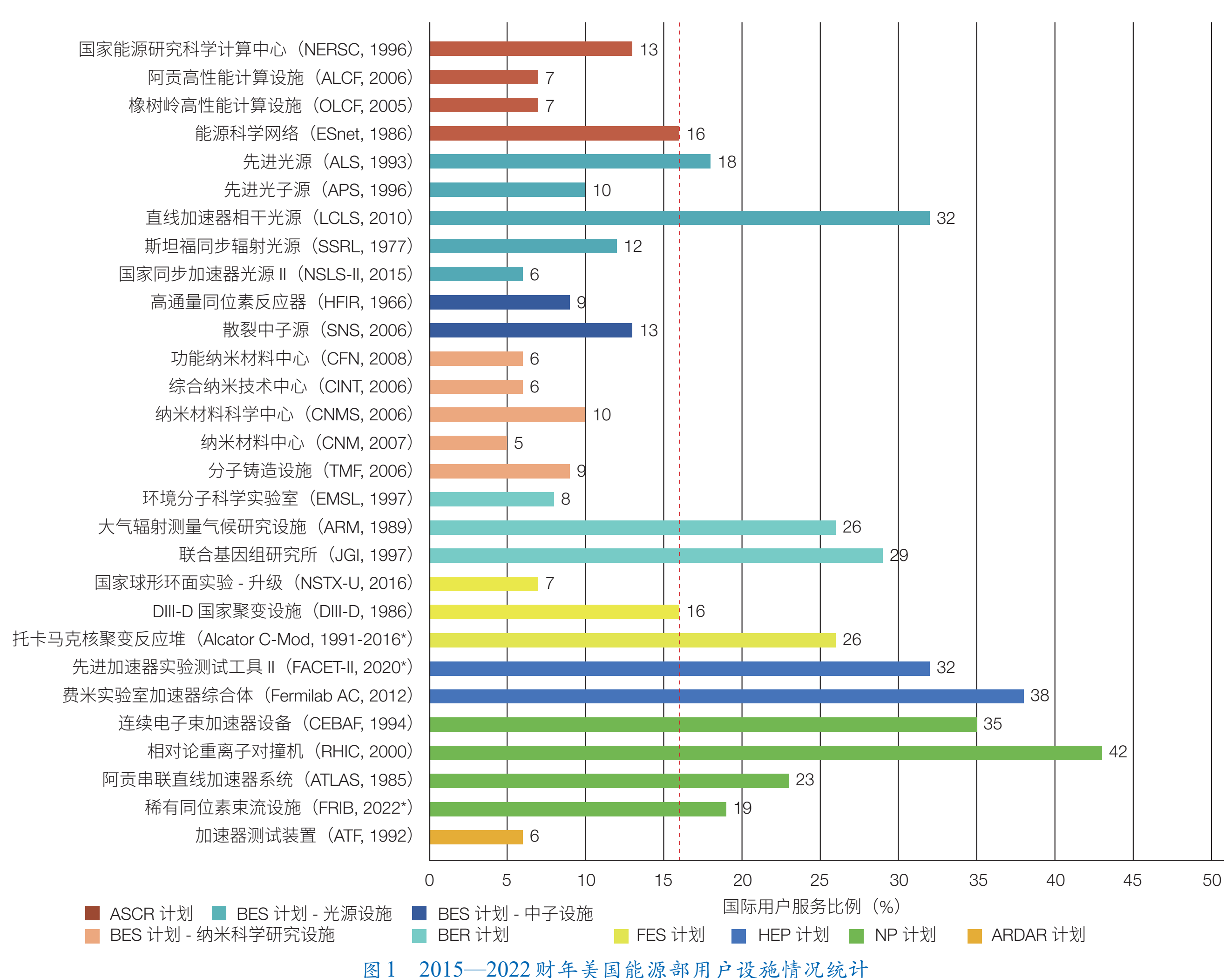


图 1 2015—2022 财年美国能源部用户设施情况统计

Figure 1 FY 2015–2022 statistics on DOE user facilities

括号内时间为设施建成运行时间；*表示该时间段内因建设、升级、退役等原因设施未能提供持续服务；红色虚线表示DOE用户设施对外服务比例；国际用户服务比例统计依据DOE用户设施2015—2022财年用户研究提案数据中的国家字段进行分析。本文后续图表统计数据均源自该时间段内的用户研究提案数据

The dates in parentheses indicate the time when the facility became operational; an asterisk (*) signifies that the facility could not provide continuous service during FY 2015–2022 due to construction, upgrades, decommissioning, etc.; the red dashed line represents the proportion of services provided by DOE user facilities. The proportion of international user services is based on the analysis of the country field in the DOE user facilities' user statistics by research proposal during FY 2015–2022. All subsequent statistical data in this article are derived from the user research proposal data during FY 2015–2022

国家/地区对外合作政策的关键节点。美国积极推进重大设施开放共享，吸引了来自全球的优秀科学家，通过开展科技合作展现其科技大国的实力。然而，随着科技创新战略制高点的竞争日益加剧，美国对华科技合作在其政策调整背景下逐渐收紧。

DOE用户设施为近100个国家和地区研究人员提供开放共享服务，每年约接待来自70多个国家和地区的用户。在2015—2022财年间，其他国家/地区的使用频次合计为76 977次（即对外服务），占其总服务约16%。具体而言，高性能计算设施、中子设施、纳米科学研究设施的对外服务比例相对较低；聚变能源、高能物理和核物理计划设施对外服务比例相对较

高（表1和图2）。

中国、英国和意大利等国的研究人员是其主要用户群体（图2）。使用频次总量位居第3—7位的国家均为七国集团（G7）成员，上述国家积极参与了DOE用户设施的建设与升级，2023年G7峰会发布联合公报中提出推进重大设施的数字化联网与国际化利用，以FAIR②为原则推进研究成果的开放共享。值得注意的是，随着中美竞合关系的不断变化，中国利用DOE用户设施的次数出现明显下降。

1.3 推动设施远程访问服务能力，不断优化服务模式

DOE用户设施提供服务方式主要包括利用设施开展实验研究和利用设施数据服务开展研究两类。前者包括到访使用、远程使用、到访/远程混合使用3种形式；后者提供数据使用服务的设施包括大气辐射测量气候研究设施（ARM）、聚变能源设施（NSTX-U、DIII-D、Alcator C-Mod）、综合纳米技术中心（CINT）和先进加速器实验测试工具（FACET/FACET-II）。受新冠疫情影响，DOE用户设施在2020年初取消或推迟了部分服务计划，当年提供服务次数略有下降，到访使用设施次数减少明显（图3）。随后，DOE积极探索远程服务模式并进行相关技术研发以应对疫情冲击。

近年来，DOE在不断提升服务能力的同时积极探索服务新模式。2022年1月，DOE光源和中子7个用户设施组建相关工作组，探讨在研究人员无法到访使用的情况下，设施管理机构如何通过创造远程实验环境保证研究人员正常开展科研工作，实现设施协同和用户安全交互[15]。全球新冠疫情肆虐倒逼设施服务模式转型，对远程服务、用户交互技术、信息技术与标准化等提出更高要求。

表1　美国能源部用户设施2015—2022财年服务国家/地区情况统计*

Table 1　FY 2015-2022 Statistics on service countries/regions of DOE user facilities

使用频次(次) 国家/地区	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年
美国	44 142	43 509	47 951	49 692	49 141	45 951	51 126	58 977
中国	1 007	1 266	1 608	1 813	1 463	981	890	950
英国	1 002	1 121	1 087	1 216	1 188	1 223	1 293	1 348
意大利	856	891	949	980	908	882	882	983
德国	980	1 205	1 002	1 043	749	622	683	846
加拿大	799	905	863	833	969	792	915	993
法国	629	623	561	637	634	621	562	693
韩国	365	436	433	498	537	395	388	565
日本	406	474	443	443	391	333	222	261
瑞士	295	346	303	341	268	223	200	240
俄罗斯	234	266	249	239	220	206	196	204
所有国家/地区	52 975	54 011	57 899	60 440	58 963	54 571	59 657	68 950

*所有国家/地区指2015—2022财年利用DOE用户设施开展研究的101个国家/地区

* The term “all countries/regions” refers to the 101 countries/regions that engaged in research using DOE user facilities from FY 2015–2022

② FAIR原则是科学数据管理指导原则，规定科学数据开放共享需满足可发现(Findable)、可访问(Accessible)、可互操作(Interoperable)、可重用(Reusable)4项基本原则。

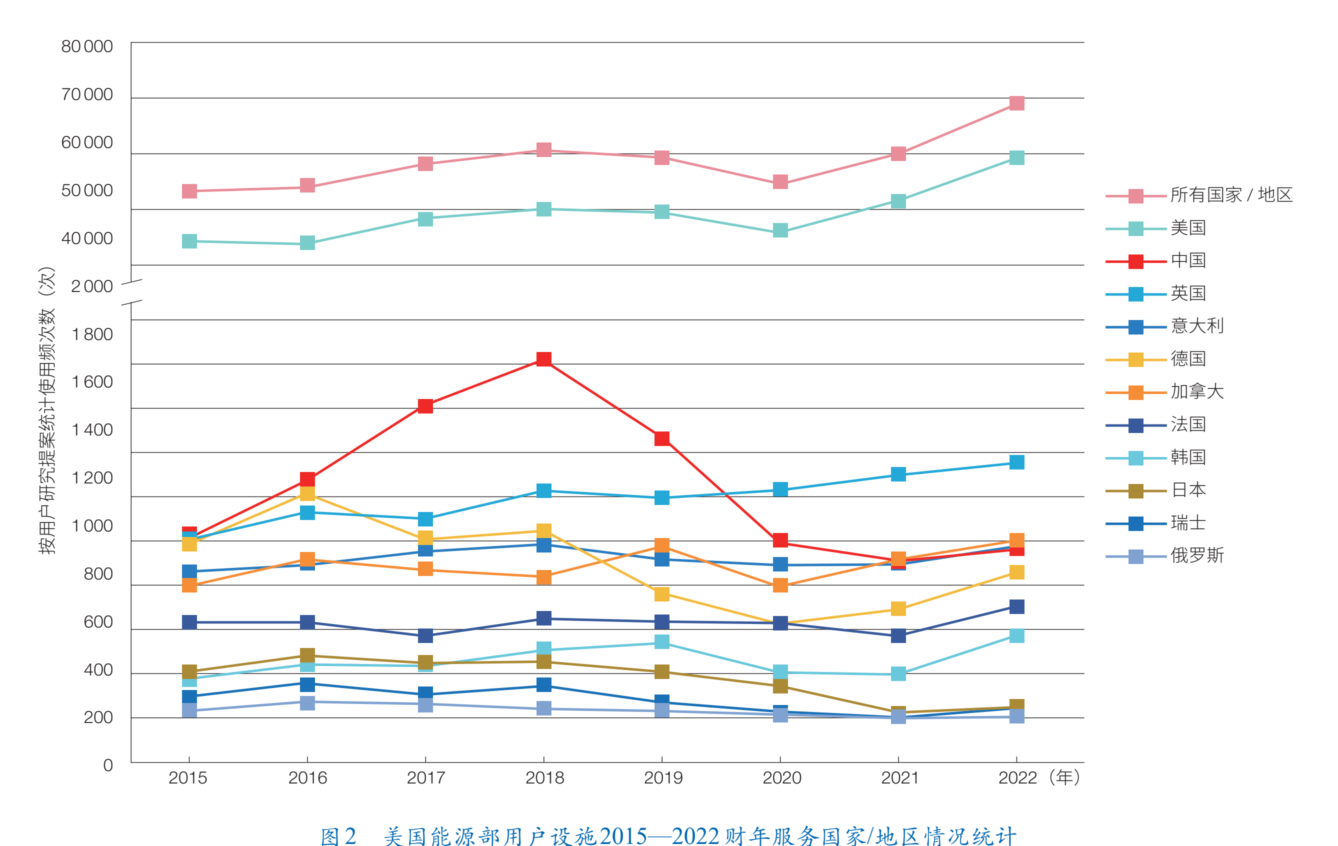


图 2　美国能源部用户设施2015—2022 财年服务国家/地区情况统计

Figure 2　FY 2015-2022 statistics on service countries/regions of DOE user facilities

1.4 重视不同类型设施协同联动，重塑设施创新生态

实验观测和模拟分析获得的数据是数智科研时代的“金矿”，以光源为代表的平台型设施和科学数据基础设施正积极响应新科研范式挑战。在新冠疫情期间，研究人员利用直线加速器相干光源（LCLS）获取新冠病毒结构数据，并借助美国国家能源研究科学计算中心（NERSC）的先进算力和美国能源科学网络（ESnet）进行实时图像分析研究，加速新冠疫苗研发进程。2020 年，5 个光源设施的研发人员组建数据解决方案工作组，构建和开发相关软件、算法和网络基础设施，满足所有光源设施从实施数据分析到数据存储存档的共性需求。

DOE 高度重视建设数据流连贯的重大设施科技创新生态系统，涉及科学数据、计算硬件、软件、传输网络、应用、安全等各方面。DOE 于 2020 年启动、2023 年正式实施综合研究基础设施（IRI）计划（图 4），将利用专用科学数据网络，有效连接观测和实验国家用户设施、先进计算设施、高性能数据设施等科技资源，加速尖端观测技术手段和高性能计算分析能力的融合，并利用人工智能、数字孪生等新技术加速科学发现。

2 我国对 DOE 重大设施的使用需求和挑战

2.1 中国科研人员是DOE 用户设施的重要用户群体

按用户研究提案使用频次统计，2015—2022 财年，中国科研人员使用 DOE 用户设施的次数为 9 978 次，占其对外服务的 12.98%。中国科研人员主要是通过提交研究提案经 DOE 用户设施审批后获得使用

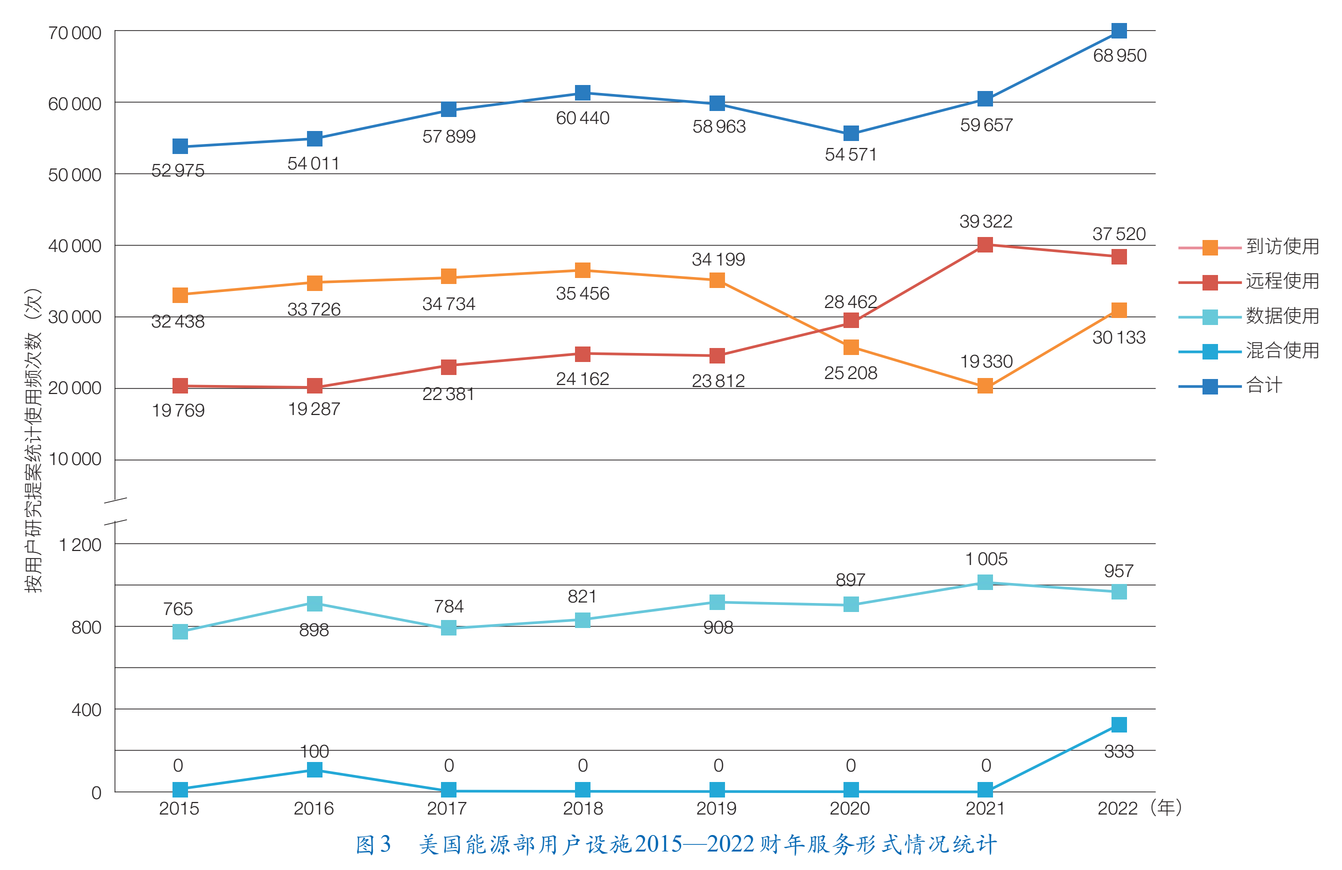


图 3　美国能源部用户设施2015—2022 财年服务形式情况统计

Figure 3　FY 2015–2022 statistics on service forms of DOE user facilities

合计数据包括字段缺失统计值

Total data includes missing statistical values for fields

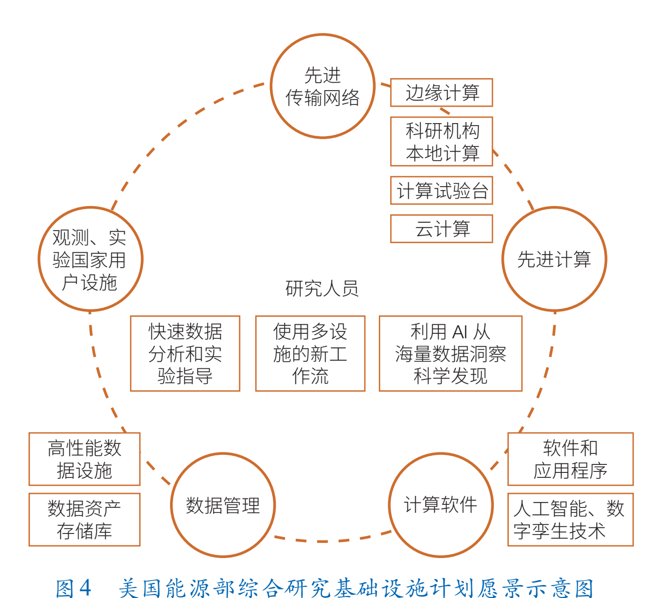


图 4　美国能源部综合研究基础设施计划愿景示意图

Figure 4　DOE integrated research infrastructure plan vision diagram

资格，直接利用设施科学数据开展研究的使用频次仅为 510 次。2015—2019 财年，使用形式多为到访使用。受新冠疫情影响，2020—2022 财年多为远程访问（图 5）。从地域分布来看，我国 30 个省市的科研人员利用 DOE 用户设施开展相关研究，具体呈现为北京（3 387 次）、上海（1 656 次）、安徽（1 490 次）、湖北（653 次）、甘肃（399 次）科研人员的使用频次相对较高。这与我国综合性国家科学中心的布局高度契合。2016—2017 年，国家发展和改革委员会、科学技术部联合先后批复上海张江、安徽合肥、北京怀柔的综合性国家科学中心建设方案。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出建设重大科技创新平台，支持北京、上海、粤港澳大湾区形成国际科技

创新中心，支持有条件的地方建设区域科技创新中心。成渝地区、武汉、西安先后获批建设国家科技创新中心，其中西安同时获批建设综合性国家科学中心。

我国高校、科研院所、企业均在DOE用户设施上开展过研究工作，使用频次较多的机构如图6所示。147所高校共使用6 304次；77家科研院所共使用3 634次，其中中国科学院使用1 852次；中科合成油技术股份有限公司、腾讯量子实验室、安进中国3家企业共使用10次。其中，北京高压科学研究中心使用最多的设施为先进光子源（1 218次），占我国用户使用该设施频次比例为40.29%，主要用于研究新型铁基超导体、热电材料、碳纳米材料等的结构与性能。中国科学技术大学则较多使用连续电子束加速器设备（226次）、先进光子源（216次）和国家能源研究科学计算中心（166次），主要研究金属玻璃、电阻开关器件、超导纳米线、能源相关材料结构与性能等。北京大学使用国家能源研究科学计算中心（184次）相对较多，研究涉及铁基超导体、磁约束聚变等离子体等；清华大学则较多使用先进光源（86次），研究涉及石墨烯、拓扑绝缘体、高温超导体等。中国科学院等离子体物理研究所使用DIII-D国家聚变设施（262次）较多，与DIII-D装置开展联合物理实验。

2.2 DOE用户设施支撑我国科研人员取得一定研究成效

我国研究人员通过使用DOE用户设施，在获得与国际高水平科研团队交流合作的同时，取得一批高水平科研成果，一定程度上促进了我国科技创新能力的提升。我国多个获得国家级奖项的研究成果不仅利用了我国的国家重大设施，还借助DOE用户设施进行补充研究。例如，中国科学院大连化学物理研究所在2015—2016财年利用上海光源、合肥同步辐射装置和美国先进光源开展二维原子晶体限域催化的理论研究，其所在团队的研究工作“纳米限域催化”于2020年荣获国家自然科学奖一等奖。荣获国家自然科学奖二等奖的“铁基超导体电子结构的光电子能谱研究”利用了合肥同步辐射装置、斯坦福同步辐射光源进行

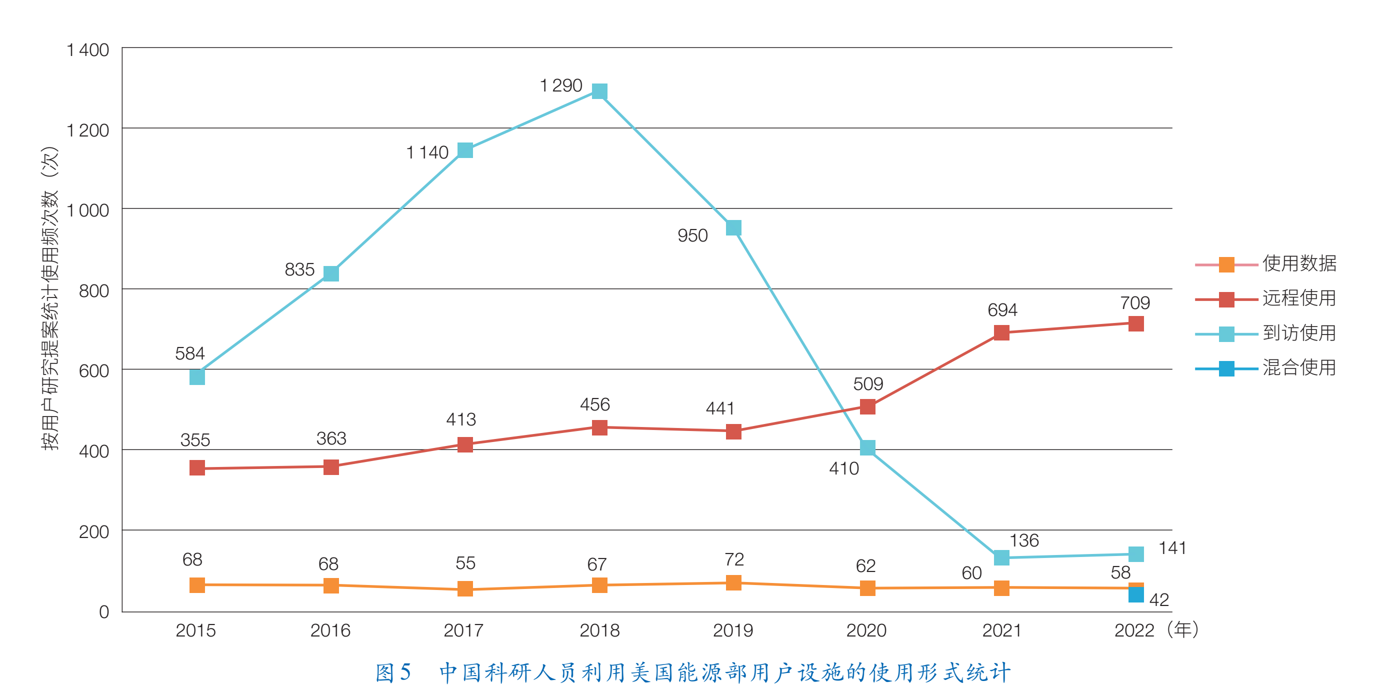


图5　中国科研人员利用美国能源部用户设施的使用形式统计

Figure 5　Statistics on usage forms of DOE user facilities used by China

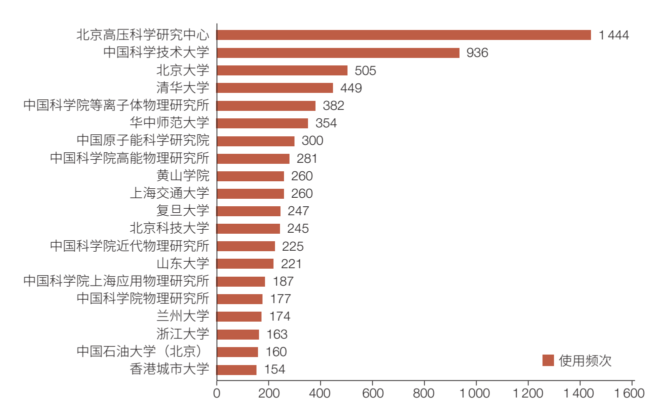


图6　2015—2022财年使用美国能源部用户设施的排名前20位使用频次的中国用户机构

Figure 6　Top 20 Chinese institutions using DOE user facilities during FY 2015–2022

研究。

中国科学院上海应用物理研究所、中国科学技术大学的研究人员参与美国布鲁克海文实验室主导的STAR国际实验合作组，利用相对论重离子对撞机、国家能源研究科学计算中心开展实验和计算，相关成果支撑了“重离子碰撞中的反物质探测与夸克物质的强子谱学与集体性质研究”，获得了国家自然科学奖二等奖。清华大学、中国科学院近代物理研究所等其他9家机构是STAR国际合作组成员。此外，我国多位中国科学院院士及国家自然科学奖获得者在相对论重离子对撞机、斯坦福同步辐射光源、先进光子源、先进光源等DOE用户设施开展过研究。

2.3 我国使用DOE用户设施资格呈现被收紧趋势

由于新冠疫情的影响，DOE用户设施的服务能力在2020财年有所下降。但随后通过迅速调整设施服务策略，如远程访问和虚拟交互，提高了服务能力和效率。2021财年整体已恢复至正常水平，其中远程使用占比约为66%；2022财年设施服务能力明显增强，服务次数较2021财年提升约16%，远程使用占比下降至54%。而我国在2017—2019财年使用DOE设施次数较多，而近3年使用次数显著减少（图7）。2018财年，我国使用DOE用户设施的频次为1 813次，占其对外服务17%；2022财年，我国使用DOE设施950次，占比仅为9.53%。降幅最大的是先进光子源，近3年占其对外服务比例由2017—2019财年的约40%降至约17%。

非美国用户使用DOE用户设施前，需接受进一步的安全和许可审查，判断其研究中的相关技术是否需要美国出口管制许可。近年来，美国商务部工业安全局陆续将我国多家企业及科研机构列入管制实体清单，在一定程度上影响其使用DOE用户设施。例如，北京航空航天大学、西北工业大学、电子科技大学、四川大学、中国工程物理研究院5家研究机构于2015年前被列入管控实体清单，2015—2022财年共获得21次DOE用户设施使用资格。北京高压科学研究中心等多家机构于2020年进入实体清单，导致其2022财年获得的使用资格次数较2018财年大幅减少。特别是北京高压科学研究中心，其使用频次由2018财年的469次降为0次，近2年都未获得使用资格。2023年，美国国会参议院情报委员会推进DOE研究安全措施立法，将要求审查来自敏感国家的DOE国家实验室访问人员，或将持续影响我国科研用户利用DOE用户设施。

2.4 我国使用DOE科学数据基础设施资格受限

美国将高性能计算、人工智能、量子信息等作为其国家战略[16-18]，将我国视为重要竞争对手。2015—

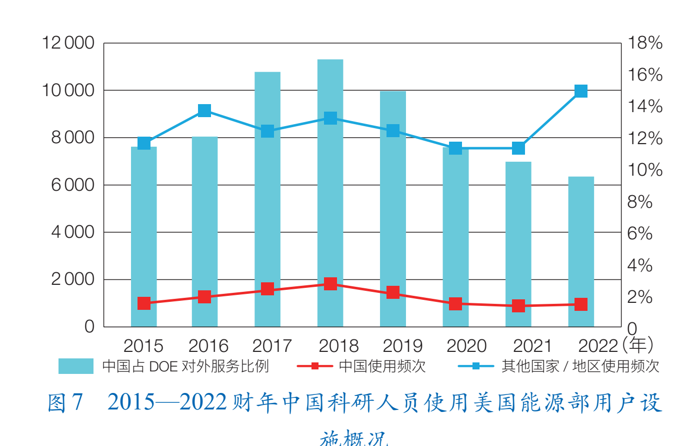


图7　2015—2022财年中国科研人员使用美国能源部用户设施概况

Figure 7　FY 2015–2022 overview of DOE user facilities used by China

2022财年，我国科研人员使用DOE科学数据基础设施的频次远低于其他国家。在此期间，我国使用阿贡高性能计算设施46次，远低于英国（236次）和瑞士（166次）；使用橡树岭高性能计算设施44次，远低于英国（211次）和德国（154次）；使用国家能源研究科学计算中心次数相对较多，但仍低于英国。同时，我国在整个数据分析阶段未获得过ESnet使用资格，但印度、韩国、瑞士、丹麦等9个国家使用过该设施。该高性能科学数据网络设施核心服务是提供国际科学数据通信，通过与其他设施协同合作使得DOE研究人员及其国际合作者高效利用人工智能、高分辨率仪器图像、长期科学研究等产生的海量数据。

2022年10月，美国商务部将某些先进的高性能计算机芯片和含有此类芯片的计算机商品纳入其商业出口管制清单，并限制国家超级计算长沙中心等28家实体获得其高性能计算技术和服务。2023年2月，美国商务部又将无锡国家并行计算机工程技术研究中心、无锡高等技术研究院等多个机构加入实体清单。今后，我国利用DOE高性能计算设施可能将进一步受到限制。

3 我国重大设施开放服务存在的不足

3.1 平台型设施支撑能力相对不足

*我国重大设施建设起步于20世纪60年代，但整体来看，建设进程相对较慢，与国际发达国家相比支撑能力仍存在不小差距。*2015年前，我国仅有3个平台型设施处于运行状态（表2），高能同步辐射光源、合肥先进光源和硬X射线自由电子激光装置仍在建设。“十二五”以来，我国加快了重大设施的布局速度，但实际支撑能力不足。以平台型设施为例，与发达国家相比，我国在实验能力布局方面存在较大差距。目前，我国3个同步辐射光源共运行约60个实验站，实验站数量仅为日本（约180个）的1/3，不到美国（约200个）的1/3。今后我国重大设施需要维持高速稳定的设施建设和能力提升的发展态势，以缩小和发达国家在科技基础支撑能力方面的差距。

*远程服务对提高重大设施使用率、扩大开放共享和降低成本等方面发挥着重要作用，服务模式的转型是必然发展趋势。*然而，除数量外，我国平台型设施支撑服务用户的方式单一，可提供远程服务的设施和实验站数量均相对较少。北京同步辐射装置真空紫外光谱实验站、小角散射实验站和高压实验站可实现用户远程实验模式。上海光源生物大分子晶体学实验站2021年利用自主研发的机械手、数据采集系统等实现远程实验开放。

3.2 科学数据创新生态亟待完善

自20世纪80年代起，我国大力推动科学数据共享与数据基础设施建设。截至2023年12月，我国已按学科领域部署，建设了高能物理、空间科学等20个国家科学数据中心及14个国家超级计算中心。我国在科学数据资源建设方面已经取得一定成果，但在建设中相对侧重网络、算力等设施“硬”条件建设，对科研数据、知识库等科学数据的“软”内容建设重视和支持不足，与美国科学数据基础设施布局和能力建设相比仍有较大差距。整体上，科学数据产生、传输、存储和计算能力割裂，未能营造融通数据生态，科学数据的价值未能被充分挖掘，影响科学发现效率。

具体来看，重大设施科学数据管理尚处于起步阶段，目前仍未形成统一的科学数据标准，难以实现数据高效汇聚共享[19]。国家科学数据中心当前依旧存在各自为政、条块分割现象，尚停留在科学数据汇交阶段[20]，在综合治理与应用、满足FAIR原则、共享等方面仍有较大的发展空间[21]。我国当前的网络信息环境和条件有限，尚不能满足海量科学数据传输需要[22]，用于科学数据存储、数据分析挖掘的软硬件设备仍受制于发达国家。国家超级计算中心多采用国外系统架构和应用软件，软件开发能力较弱，且应用场景不完善，多集中于气象气候、石油勘探、宇宙模拟等传统

表2 我国平台型设施统计*

Table 2 Statistics of platform facilities in China

序号	设施名称	运行管理机构单位	运行时间
1	合肥同步辐射装置（NSRL）	中国科学技术大学国家同步辐射实验室	1989年
2	北京同步辐射装置（BSRF）	中国科学院高能物理研究所	1991年
3	上海光源（SSRF）	中国科学院上海高等研究院	2009年
4	强磁场实验装置	中国科学院合肥物质科学研究院、华中科技大学（法人）	2017年
5	散裂中子源（CSNS）	中国科学院高能物理研究所	2018年
6	大连相干光源	中国科学院大连化学物理研究所	2018年
7	综合极端条件实验装置	中国科学院物理研究所（法人）、吉林大学（共建）	2023年
8	上海软X射线自由电子激光装置	中国科学院上海高等研究院	2022年
9	高能同步辐射光源	中国科学院高能物理研究所	建设中
10	合肥先进光源	中国科学技术大学国家同步辐射实验室	建设中
11	硬X射线自由电子激光装置	上海科技大学	建设中

*设施分类参考中国科学院重大科技基础设施共享服务平台分类

* For facility classification, refer to the classification of major science and technology infrastructure sharing service platform of the Chinese Academy of Sciences

领域，对数据密集型科学研究支撑能力较弱。2023年10月，我国成立国家数据局统筹推进数字基础设施布局，有助于打通我国科学数据链路，完善数据治理体系[23]。

4 思考与启示

科技基础能力是国家综合科技实力的重要体现，是实现高水平科技自立自强的战略支撑[24]。作为科技基础能力建设的重要组成部分，我国高度重视重大设施的建设与开放共享，以期在新一轮科技革命和产业变革中占据先机、赢得主动。重大设施的高水平建设和运行，不仅可为前沿科学研究探索、解决关系国计民生和国家战略安全等关键核心问题提供重要支撑，还可汇聚培养高端人才，彰显国家科技创新实力。目前，我国重大设施发展取得长足进步，但对标科技强国、教育强国建设仍有不小差距，急需加快建设进度，提升服务效能。基于上述研究分析，提出3点建议，以期为我国重大设施建设布局与开放共享提供参考。

（1）不断提升重大设施综合性能和服务效能，支撑科技强国建设。推进重大设施布局建设对我国实现高水平科技自立自强具有重大战略意义。2022年5月，美国国会参议院情报委员会召开了“对美国国家安全的威胁：反制中国的经济和技术计划”公开听证会，拟修改“基础研究”的定义，并提出当基础研究发展一旦达到管制技术的水平和类型，应与受控技术进行同样的管控。若该计划执行，我国有可能无法再使用DOE用户设施，将对我国科研活动产生一定影响。同时，为获得美国设施使用资格，我国用户需将研究项目提案提交给对方进行评审，存在一定程度的科技安全风险。因此，建议充分评估未来我国用户使用重大设施的需求，合理规划重大设施布局，并在保证重大设施高质量和高水平的前提下，适当加快建设进度，从科学目标出发不断提升设施的能力水平和先进性，适应我国高质量科技发展的需要。

（2）加速重大设施的数据融合、使用和共享生态

建设。良好的科学数据生态环境是驱动重大科学发现和重要技术突破的新引擎。建议根据科研发展需求，部署新的科学数据基础设施，统筹考虑重大设施建设过程中“软环境”和“硬条件”的协同布局与管理，进一步推进人工智能、机器学习、深度学习等技术的应用，以实现我国重大设施和国家科学数据中心的互联互通，加速打破科学数据壁垒，实现跨域融合。可考虑将科学数据基础设施纳入国家重大设施管理体系，针对其建设、使用及管理特点，制定相应的申报、评审和管理规则。进一步提升我国国家高性能计算设施的软件研发和应用能力，构建贯通科学数据从产生到价值挖掘、应用的全生命周期科研生态环境，积极推进重大设施数智化转型，支撑数据密集型科研范式的转变。

（3）提升重大设施国际化潜力，加强高水平合作与交流。目前，我国采用国际合作方式建设的设施数量相对较少，所累积的国际用户群体规模也相对较小。大部分国际合作停留在一般性的交流合作上，缺少实质性的国际资金、技术和科技人力资源投入[2]。受国际形势影响，美国已减少或者限制我国用户使用其重大设施开展科学研究的机会，未来我国国际科技合作将面临更加严峻的挑战。建议重大科技基础设施布局充分考虑国际化潜力，发挥科技外交优势，积极谋求依托设施牵头发起国际大科学计划和大科学工程；同时进一步拓展我国科研用户使用欧洲、亚洲等国家重大设施的渠道，如欧洲X射线自由电子激光、欧洲同步辐射光源等；加强重大设施与国内外科研机构、企业的深度合作，重视潜在用户的培养，进一步拓展国际用户群体，持续提升设施开放共享服务能力。

参考文献

1 李泽霞, 郭世杰, 董璐, 等. 趋势观察: 国际重大科技基础设施布局特点及发展趋势. 中国科学院院刊, 2021, 36(4): 514-516.

Li Z X, Guo S J, Dong L, et al. Trends observation: Layout features and development trends of major international science and technology infrastructure. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2021, 36(4): 514-516. (in Chinese)

2 王贻芳. 中国重大科技基础设施的现状和未来发展. 科技导报, 2023, 41(4): 5-13.

Wang Y F. Current status and future prospects of the national major infrastructure for science and technology. Science & Technology Review, 2023, 41(4): 5-13. (in Chinese)

3 Czech Presidency of the Council of the EU. The Brno Declaration on Fostering a Global Ecosystem of Research Infrastructures. (2022-12-14)[2023-10-16]. https://www.esfri.eu/latest-esfri-news/brno-declaration-ris.

4 瞄准7大科学领域 优先建设16项设施——解读《国家重大科技基础设施建设中长期规划(2012—2030年)》. 发明与创新(综合科技), 2013, (4): 10-12.

Aiming at 7 scientific fields and giving priority to 16 facilities—Interpretation of the Medium-and Long-term Plan for the Construction of Major National Science and Technology Infrastructure (2012-2030). Invention and Innovation, 2013, (4): 10-12. (in Chinese)

5 王慧斌, 白惠仁. 德国大科学装置的开放共享机制及启示. 中国科学基金, 2019, 33(3): 308-312.

Wang H B, Bai H R. Enlightenment of German mechanism of opening and sharing large-scale scientific facilities. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2019, 33(3): 308-312. (in Chinese)

6 王立伟, 刘军, 张爱平, 等. 长三角重大科技基础设施共建共享机制探索. 科技导报, 2022, 40(9): 14-19.

Wang L W, Liu J, Zhang A P, et al. Exploration on the co-construction and sharing mechanism of large scale scientific facilities in the Yangtze River Delta. Science & Technology Review, 2022, 40(9): 14-19. (in Chinese)

7 解志韬. 高校重大科技基础设施开放共享机制与运行绩效研究. 国家教育行政学院学报, 2022, (3): 17-28.

Xie Z T. Research on the open and sharing mechanism and operational performance of major scientific and technological infrastructure in universities. Journal of National Academy of Education Administration, 2022, (3): 17-28. (in Chinese)

8 夏金瑶, 尹红星, 邓泉, 等. EAST重大科技基础设施开放共享机制. 中国科学基金, 2023, 37 (4): 692-698.
Xia J Y, Yin H X, Deng Q, et al. Research on the open and sharing mechanism of EAST major scientific and technological infrastructure. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2023, 37(4): 692-698. (in Chinese)
9 邓泉, 尹红星, 韩效锋, 等. 国家重大科技基础设施建设管理探索与创新——以聚变堆主机关键系统综合研究设施(CRAFT)为例. 科技管理研究, 2023, 43(6): 190-195.
Deng Q, Yin H X, Han X F, et al. Exploration and innovation of construction and management of the national major scientific and technological infrastructure: A case study of comprehensive research facility for fusion technology. Science and Technology Management Research, 2023, 43(6): 190-195. (in Chinese)
10 陈娟, 周华杰, 樊潇潇, 等. 重大科技基础设施的开放管理. 中国科技资源导刊, 2016, 48(4): 6-13.
Chen J, Zhou H J, Fan X X, et al. Management for openness of the large research infrastructures at home and abroad. China Science & Technology Resources Review, 2016, 48 (4): 6-13. (in Chinese)
11 U. S. Department of Energy. Definition of a user facility. (2012-01-06)[2023-10-16]. https://science.osti.gov/-/media/_/pdf/user-facilities/memoranda/Office_of_Science_User_Facility_Definition_Memo.pdf.
12 U. S. Department of Energy. User projects/experiments database for the office of science user facilities. (2014-11-18) [2023-10-16]. https://science. osti. gov/-/media/_/pdf/user-facilities/memoranda/Office_of_Science_User_Projects_Experiments_Database_Memo.pdf.
13 U. S. Department of Energy. Facilities for the future of science: A 20-year outlook. (2003-11-10)[2023-10-16]. https://www. osti. gov/scinformationbook/20-Year-Outlook-screen.pdf.
14 Domingues A, Ribeiro Neto P H. Science diplomacy as a tool of international politics: The power of ‘soft power’. Brazilian Journal of International Relations, 2018, 6(3): 607-629.
15 LaaschCara. Reshaping the world of research through remote experimentation. (2022-01-20)[2023-11-09]. https://www.bnl.gov/newsroom/news.php?a=219358
16 White House Office of the Press Secretar. Executive order - creating a national strategic computing initiative. (2015-07-29) [2023-10-16]. https://obamawhitehouse. archives. gov/the-press-office/2015/07/29/executive-order-creating-national-strategic-computing-initiative.
17 Select Committee on Artificial Intelligence of The National Science and Technology Council. National artificial intelligence research and development strategic plan 2023 update. (2023-05-04) [2023-10-16]. https://www. whitehouse. gov/wp-content/uploads/2023/05/National-Artificial-Intelligence-Research-and-Development-Strategic-Plan-2023-Update.pdf.
18 Government Publishing Office U. S.. National quantum initiative act. (2018-12-21) [2023-10-16]. https://www. congress.gov/bill/115th-congress/house-bill/6227/text.
19 胡皓, 齐法制, 孙晓康, 等. 高能同步辐射光源科学数据管理策略研究与应用. 大数据, 2022, 8(1): 5-14.
Hu H, Qi F Z, Sun X K, et al. HEPS scientific data management policy research and applications. Big Data Research, 2022, 8(1): 5-14. (in Chinese)
20 阿儒涵, 吴丛, 李晓轩. 科研数据开放的国际实践及对我国的启示. 中国科学院院刊, 2020, 35(1): 11-18.
A R H, Wu C, Li X X. International practice of open research data and its enlightenment to China. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2020, 35(1): 11-18. (in Chinese)
21 郭华东, 陈和生, 闫冬梅, 等. 加强开放数据基础设施建设, 推动开放科学发展. 中国科学院院刊, 2023, 38(6): 806-817.
Guo H D, Chen H S, Yan D M, et al. Strengthening open data infrastructure and promoting open science. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38(6): 806-817. (in Chinese)
22 郭华东. 科学大数据——国家大数据战略的基石. 中国科学院院刊, 2018, 33(8): 768-773.
Guo H D. Scientific big data—A footstone of national strategy for big data. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2018, 33(8): 768-773. (in Chinese)
23 丁波涛, 陈才, 高丰, 等. 专家笔谈:国家数据局组建对大数

据未来的影响. 图书情报知识, 2023, 40(3): 13-24.
Ding B T, Chen C, Gao F, et al. Experts' opinions: The impact of the establishment of the national data bureau on the future of big data. Documentation, Information & Knowledge, 2023, 40(3): 13-24. (in Chinese)

24 侯建国. 加强科技基础能力建设. 人民日报, 2022-12-22(07).
Hou J G. Strengthening the basic capabilities of science and technology. The People's Daily, 2022-12-22(07). (in Chinese)

Analysis and enlightenment on China's use of major research infrastructure of U.S. Department of Energy

DONG Lu[1,2] LI Yizhan[1,2] LI Yunlong[3] WANG Xuezhao[1,2] LI Zexia[1,2*]
(1 National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;
2 Department of Information Resources Management, School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 101407, China;
3 Bureau of Frontier Sciences and Education, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100864, China)

Abstract Major research infrastructures (referred to as "major infrastructures") are the key to innovation in the era of big science, and is an important symbol of a country's scientific and technological innovation capability and comprehensive national power. In order to seize the commanding point of scientific and technological innovation, the major developed countries have been actively developing and optimizing the layout of major infrastructures, while vigorously promoting the opening and sharing of major infrastructures to achieve the efficient allocation and utilization of scientific and technological resources, transforming their advantages in scientific and technological infrastructures into advantages in innovation and development. The U.S. Department of Energy (DOE) currently manages 28 major infrastructures that are open to global research users. This study analyzes the current open sharing situation of major infrastructures of the U. S. Department of Energy (DOE), and analyzes in-depth the demand, effectiveness, and difficulties of China's use of major infrastructures of DOE from 2015 to 2022, to provide reference for the open sharing and layout construction of major infrastructure in China.

Keywords U.S. Department of Energy, major research infrastructures, open services, layout & construction

董 璐 中国科学院文献情报中心馆员。主要研究领域:重大科技基础设施与科学仪器战略情报研究。
E-mail: donglu@mail.las.ac.cn

DONG Lu Librarian of National Science Library, Chinese Academy of Sciences (CAS). Her research focuses on strategic intelligence on major research infrastructure, scientific instruments, etc. E-mail: donglu@mail.las.ac.cn

李泽霞 中国科学院文献情报中心研究员。主要研究领域:科学计量学及应用、重大科技基础设施战略情报研究和信息分析。E-mail: lizexia@mail.las.ac.cn

LI Zexia Ph. D., Professor of National Science Library, Chinese Academy of Sciences (CAS). Her research focuses on scientometrics, strategic intelligence research and information analysis of major research infrastructure.
E-mail: lizexia@mail.las.ac.cn

■责任编辑: 张帆

*Corresponding author